

インタラクティブな独楽型残像ディスプレイの提案

澤谷 樹* 塚田 浩二*

概要. 残像ディスプレイ (英: POV Display) は, LED アレイ等を空間上で移動させることで残像を用いて情報提示する仕組みであり, 自転車の車輪/扇風機等の多様な残像ディスプレイが提案されている. 本研究では, 日本の伝統的な玩具である独楽に残像ディスプレイを搭載して, インタラクティブな独楽遊びを支援するシステムを提案する. 独楽には複数の LED マトリクスが搭載されており, 静止時/回転時に異なる映像を提示する. さらに, 内蔵の慣性センサを用いて, 独楽同士の衝突等を検出して, インタラクティブな演出を付与できる点が特徴である.

1 はじめに

残像ディスプレイ (英: POV Display) は, LED アレイ等を空間上で移動させることで, 残像を用いて情報提示する仕組みである. 残像ディスプレイは一定の軌跡で回転する機構に組み込むことで安定した表示を行えるため, 例えば, 扇風機の羽根に LED アレイを固定して時計を残像表示したり¹, 自転車の車輪に LED アレイを固定してキャラクター等を残像表示する²事例等が多数提案されてきた. 本研究では, 日本古来から伝わる玩具である独楽に残像ディスプレイを搭載して, インタラクティブな独楽遊びを支援するシステムを提案する (図 1). 独楽には複数の LED マトリクスや慣性センサが搭載されており, 静止時/回転時等, 独楽の状態に応じて異なる映像を提示する. さらに, 複数の独楽同士の衝突等を検出して, インタラクティブな演出を付与できる点が特徴である.

2 関連研究

インタラクティブな残像ディスプレイの関連研究を紹介する. PhantomParasol[2]では, 傘の内側に複数の LED アレイを搭載し, 静止時/回転時や, 回転速度に応じて異なる映像を表示する手法を提案している. Yamada ら [3] は, ドローンの周りに複数の LED テープを弧状に取り付け, 画像や文字を残像表示させる球体型の浮遊残像ディスプレイを設計した. Tamai ら [1] は, スマートフォンを残像ディスプレイとして利用した手法を提案した. スマートフォンを回転ユニットに取り付け, 高速回転させることによって, スマートフォンの点灯パターンを調

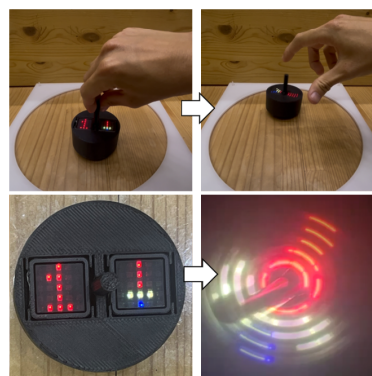


図 1. 独楽型残像ディスプレイの概要. 静止時 (左) に選択したキャラクターが, 回転時 (右) に独楽全体に残像表示され, インタラクティブに変化する.

整して残像表示する. さらに, 静止/回転や, タッチ操作を組み合わせたインタラクション手法を提案している.

独楽に新たな演出を加える関連研究として, 辻ら [4] は, 赤外線カメラとプロジェクタを組み合わせ, ベイゴマの位置や衝突を検出し, 様々な演出を投影するシステムを提案している.

本研究では, 独楽に LED マトリクスや慣性センサを組み合わせ, 独楽の静止/回転状態や, 衝突等を検出して, スタンドアロンでインタラクティブな独楽遊びを支援する点が特徴である.

3 提案

提案システムの基本的な使い方について紹介する (図 2). まず, 静止時は LED マトリクス上にキャラクターを表示しており, 画面を押し込むことで, キャラクターを選択できる. 次に, 独楽を回転させると独楽全体に画像が残像表示される. 回転中に, 独楽同士の衝突等で衝撃を受けると, 演出効果が表示される. さらに, 本デバイスを 2 台利用すること

で、ベイゴマのような対戦を行うことができる(図3)。二台のデバイスを回転させて衝突させ合うことで、回転中に受けた衝撃や回転の継続時間を考慮して、静止時に勝敗画像が表示される。

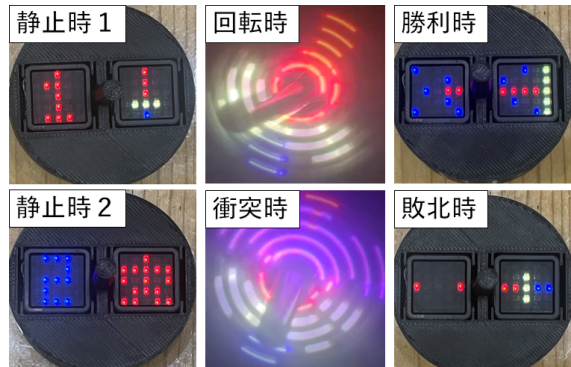


図 2. 独楽型残像ディスプレイの状態遷移

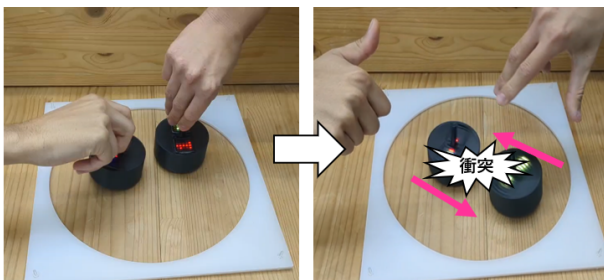


図 3. 2 台の独楽による対戦の様子。

4 実装

4.1 ハードウェア

本研究のハードウェアは、大きく LED マトリクス部と独楽筐体から構成される。

4.1.1 LED マトリクス部

LED マトリクス部には、Atom Matrix(24.0 × 24.0 × 15.0mm)を利用した。この Atom Matrix は、ESP32 PICO マイコンに加えて、5 × 5 個の LED 列で構成されている小型の LED マトリクスが搭載されている。さらに、6 軸慣性センサ(ジャイロセンサ/加速度センサ)の搭載により、回転状況等を計測できる。また、ディスプレイ部は押しボタンとしても利用できる。さらに、WiFi や Bluetooth による無線通信機能も備えている。一方、バッテリーは内蔵しないため、Atomic Battery Base(24.0 × 24.0 × 23.9mm)を別途用意して下部に装着した。プロトタイプでは、これらのデバイスを 1 つのコマに対して 2 組利用し、残像表示の安定化等を図っている。

4.1.2 独楽筐体

独楽筐体(φ 34.0 × 40.0mm)は、FDM 方式の 3D プリンタで出力した。独楽筐体の中心には支柱があり、これを中心として左右均等の位置に LED マトリクス部を取り付けるための窪みを作った。また、板バネを用意したり、底部に穴を空けることで、回転中でもしっかりと固定され、着脱が容易になるように配慮した(図4)。

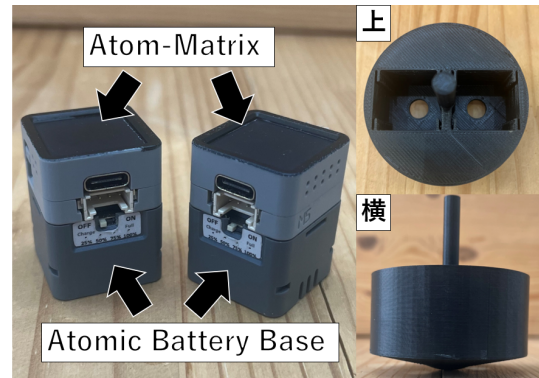


図 4. LED マトリクス部(左)と独楽筐体の外観(右)

4.2 ソフトウェア

ソフトウェアの実装について、特徴的な機能を中心に紹介する。

まず、内蔵の 6 軸慣性センサ(ジャイロセンサ/加速度センサ)を用いて、独楽の回転/静止を検出し、回転時に残像表示に自動的に切り替える。このとき、独楽の回転速度は一定ではないため、回転速度に応じて LED の点灯周期を調整し、安定した表示ができるように工夫している。回転中は、加速度/角速度が一定以上の変位をした際に「衝突」と判定し、残像表示されている画像に演出を付加しつつ、衝突値(衝突時の変位)を保存する。最終的に独楽が静止したときに、2 台の独楽で対戦した場合は「衝突値の合計値」と「回転の継続時間」を考慮して、勝敗画像を切り替えて結果画面を表示する。

なお、本デバイスでは、各独楽内で 2 台の Atom Matrix を ESP-NOW を用いて通信させ、静止時のボタン操作の状態などを共有している。さらに、2 台のコマを使った勝敗の判定時には、独楽間の Atom Matrix 同士も同様に通信させて、対戦結果を算出している。

5 議論と展望

現在の実装では、高速回転時の映像の安定性や小さな衝撃の検出、バッテリーの継続時間等に課題があるため、技術的な改良を進める。さらに、本デバイスならではの新しい独楽遊びを提案・実装していきたい。

参考文献

- [1] Y. Tamai, M. Oki, and K. Tsukada. POV Display and Interaction Methods extending Smartphone. In *AHs '21: Proceedings of the Augmented Humans International Conference 2021*, pp. 183–191, 2021.
- [2] K. Tsukada and T. Masui. PhantomParasol: a parasol-type display transitioning from ambient to detailed. In *Adjunct Proceedings of Pervasive2006*, pp. 97–101, 2006.
- [3] W. Yamada, K. Yamada, H. Manabe, and D. Ikeda. iSphere: Self-Luminous Spherical Drone Display. *UIST'17: Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 635–643, 2017.
- [4] 辻 大朗, 氷見 和, 森 春介, 山名 巧真, 高橋 李奈, 越野 亮. Beyson: 赤外線カメラとプロジェクタ投影によるタンジブルインタフェースの開発. 第 29 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, No. 2B1-02, 2024.